

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE DATOS DEL FUNCIONAMIENTO DE MOTORES PARA LA TOMA DE DECISIONES EN EMPRESAS DE PRODUCCIÓN

SYSTEM FOR CAPTURING ENGINE PERFORMANCE DATA FOR DECISION MAKING IN PRODUCTION COMPANIES

Ángel Arturo Flores Lescano ¹

Gustavo Eduardo Fernández Villacrés ²

¹ **E-mail:** pa.angelafl68@uniandes.edu.ec **Filiación:** Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador.

² **E-mail:** pg.docentegfv@uniandes.edu.ec **Filiación:** Universidad Regional Autónoma de Los Andes. Ecuador.

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo proponer un sistema para la captación, procesado y almacenamiento de datos en la monitorización del estado de funcionamiento de motores eléctricos, para la toma de decisiones en el departamento de manufactura en empresas de producción. Se realiza un análisis de lo existente y se sintetiza verificando la mejor opción para monitorear el funcionamiento de motores. Utilizando placas electrónicas con sensores, microcontrolador, comunicación Bluetooth y almacenamiento de datos en una aplicación móvil. Se ha proporcionado a la aplicación la posibilidad de realizar estadística con los datos para anticiparse a fallos que produzcan paros en la producción. El sistema desarrollado (Sistema de Adquisición de Datos de motores, o sus siglas SADAM) en este trabajo tiene la ventaja frente a los sistemas comerciales existentes de ser fácilmente instalado sin parar la producción, no necesitar de ningún sistema previo y ser reconfigurable. Los subsistemas desarrollados, se pueden modificar para adaptarse a la monitorización del estado de otros equipos que necesiten medir distintas variables mediante sensores.

PALABRAS CLAVES: Captación de datos; Funcionamiento de Motores eléctricos; Toma de Decisiones; Supervisión.

ABSTRACT: The objective of this work is to propose a system for the collection, processing and storage of data in the monitoring of the operating status of electric motors, for decision making in the manufacturing department of production companies. An analysis of the existing system is made, and it is synthesized verifying the best option to monitor the operation of motors. Using electronic boards with sensors, microcontroller, Bluetooth communication and data storage in a mobile application. The application has been provided with the possibility of performing statistics with the data to anticipate failures that produce production stoppages. The system developed (Engine Data Acquisition System, or its acronym SADAM) in this work has the advantage over existing commercial systems of being easily installed without stopping production, not needing any previous system and being reconfigurable. The developed subsystems can be modified to adapt to the monitoring of the status of other equipment that

needs to measure different variables by means of sensors.

KEY WORDS: Data acquisition, Electric motors operation, Decision making, Supervision.

INTRODUCCIÓN

La captación de datos del funcionamiento de elementos en los procesos de producción es también una parte integral de la Industria 4.0 y el internet de las cosas (IOT), y esto se ha hecho una necesidad en las empresas tales como petroquímicas, papeleras, metalúrgicas, centrales de generación, plantas de tratamiento de aguas, incineradoras o la industria farmacéutica, así mejorando la identificación de fallos, tomando decisiones sobre cambio o mantenimiento de dichos elementos partes de la producción, con lo cual realizar mejores trabajos productivos con más eficiencia y mayor eficacia, por ejemplo, Kimberly Clark Costa Rica, en su planta de Belén, es una empresa dedicada a la elaboración de productos de papel utilizando como base papel de reciclaje. Los procesos de fabricación de papel son complejos y delicados y por esa razón la firma decidió automatizar algunos de los principales, utilizando productos de la línea de Foxboro. En Kimberly Clark se ha llegado con ellos hasta el nivel de uso del SCADA por sus siglas en el idioma inglés Supervisor y Control And Data Acquisition o en español Supervisión, Control y Adquisición de Datos, conocido para Foxboro como DCS por sus siglas Distributed Control System o en español Sistema de Control Distribuido; este sistema es una interfaz que le permite al operador no solo observar distintas variables, sino hacerlas interactuar con el proceso introduciendo ajustes desde el computador en su cuarto de control. (Pérez-López, 2015)

El principal problema que solucionan los sistemas de adquisición de datos y presentación de los mismos al jefe técnico es la inmediatez de la información y la rapidez para detectar inconvenientes que pueden provocar a largo tiempo problemas más serios en cuanto a producción o cambios de maquinaria por estado defectuoso. Hoy en día existe mucho interés en utilizar y aplicar técnicas de monitorización de estado (Condition Monitoring), a equipos eléctricos de potencia como transformadores, generadores y motores. Utilizando dichas técnicas se consigue reducir los costes de operación y mantenimiento, incrementando la fiabilidad de los equipos. (Mariño et al, 2004)

El avance tecnológico no puede quedar de lado en ningún tipo de empresa, el desarrollo informático tanto en el software y hardware hace que cada vez los sistemas queden obsoletos. Si los procesos de adquisición de datos se los realizaba en MS-DOS. En la actualidad es de imperiosa importancia la renovación tecnológica para que sea una prelación competitiva con el resto de las empresas. Tanto es así que, la empresa Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología (CIGB) se tomaron como referencia los sistemas viejos y mejoraron las limitantes que presentaban estos. Los nuevos sistemas, desde su fecha de concepción hasta el presente, se han actualizado anualmente en cuanto a versión del software SCADA, versión del sistema operativo, reemplazo de nuevas interfaces, monitoreo de nuevos equipos, inclusión de nuevas variables, entre otros. (Bárzaga et al, 2016)

En empresas de producción se recomienda proceder a la instalación de un sistema móvil que capte datos del funcionamiento de las máquinas y poder tomar decisiones por parte del jefe técnico. En la actualidad comúnmente las empresas se encuentran experimentando una serie de cambios importantes como: Mejoramiento Continuo, Certificación ISO, implementación de un ERP (Enterprise Resource Planning); los mismos que abren a la compañía nuevas posibilidades de mejorar su eficiencia y competitividad en el mercado, para alcanzar su meta, contar con un sistema de información para monitorear máquinas en el área de producción es una amplia evidencia de la importancia de la tecnología como mecanismo de competitividad empresarial. Las organizaciones que son conscientes y adoptan las tecnologías de información y comunicación, cuentan con personal especializado, tienen un cierto grado de sistematización y generan planes de contingencia, son más proclives a ser competitivas a escala no solo nacional sino internacional. (Ibarra et al, 2017)

El control y monitoreo de procesos es fundamental en las industrias, los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) facilitan este trabajo, pero en su mayoría están ligados a un único proveedor de hardware y con software propietario limitando la oferta. Las soluciones actuales funcionan en una PC de escritorio, brindan interfaz móvil, pero necesitan el sistema de Adquisición y control completo ya instalado, con los altos costos y paros largos en la producción en su instalación provocan la decepción de empresas de mediana producción. (Gálvez, 2018)

Cuando se trata de toma de decisiones sobre repuestos e insumos es de primordial importancia saber que ha ocurrido en cuanto al funcionamiento de cada elemento del área en la cual se trabaja, en esto no sirven documentación estadística externa o tiempo de vida de la máquina estimada por el fabricante, ya que no todas las áreas de producción de todas las empresas son las mismas y peor aún el laboratorio de pruebas del fabricante, es de primordial importancia registrar todos los datos en un historial para futuras referencias en una ubicación centralizada, para mantener al operador actualizado a través de la interfaz hombre - máquina, y esto brinde verdaderas capacidades de control estadístico remoto en la toma de decisiones. Los sistemas de apoyo a la toma de decisiones son las herramientas que usan los directivos para tomar decisiones eficaces, basándose en la teoría de la decisión. Por su parte, se puede considerar a las herramientas de captación de datos como tipos especiales de herramientas de apoyo a la toma de decisiones. (Marcano & Talavera, 2007)

LabVIEW es un lenguaje de programación que ha sido completamente adoptado en la industria, la academia y laboratorios de investigación, como el estándar para la adquisición de datos y el software de control de instrumentos. Conjuntamente con el estándar de comunicaciones OPC (OLE for Process Control) de National Instruments, basados en una tecnología Microsoft, lo que permitiría además de la adquisición de datos en la industria, el control de esas variables. (Álvarez & Mejía, 2017).

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto basada en hardware y software. Permite

leer entradas tanto analógicas como digitales provenientes de sensores, procesar esa información y realizar acciones como encender luces, activar motores, enviar información al internet, etc. A través de sus pines que también pueden comportarse como salidas. (Flores, 2021)

En la actualidad, Arduino está presente en todo tipo de dispositivos tecnológicos, impresoras 3D, dispositivos médicos, aplicaciones domóticas, robots, drones y toda clase de proyectos electrónicos. Basándose en el alto costo de la instalación de un SCADA, Arduino se trata de placas económicas. Además, tanto software y hardware se distribuyen de forma libre, lo que permite abaratar costos y competir con las grandes empresas a nivel mundial. (Millahual, 2017)

Para la programación del Arduino se utiliza el IDE (Integrate Development Environment) de Arduino, que es el entorno de desarrollo o software que interactúa con la placa programable, el cual está basado en la programación de propósito general "C", por lo que se hace sencilla la manipulación de entradas y salidas de la placa. (Hernández et al, 2019)

Los proyectos electrónicos cuando se trata de distancias cortas actualmente usan comunicación inalámbrica Bluetooth, que es una especificación industrial para redes Inalámbricas de Área Personal creado por Bluetooth Special Interest Group y posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM (Industrial, Scientific and Medical) de los 2.4 GHz. En la actualidad para la comunicación con un celular se usa el Módulo Bluetooth HC-06 que se conecta mediante comunicación serial con la placa controladora. (Cruz et al., 2018)

La programación de aplicaciones móviles de manera muy sencilla se la realiza utilizando MIT App Inventor, que es una plataforma para generar aplicaciones móviles en un navegador web. (Annherys et al, 2015). Pero cuando se trata de hacer aplicaciones móviles mucho más robustas, se utiliza el lenguaje Java y el entorno de desarrollo integrado Android Studio, entorno oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android. Además del potente editor de códigos y las herramientas para desarrolladores, ofrece aún más funciones que aumentan su productividad durante la compilación de aplicaciones. (Villarrubia et al, 2018)

SQLite es un sistema de gestión de base de datos optimizada, más no puede ser un cliente-servidor, siendo una biblioteca que permite ser integrada en el programa. Por su funcionamiento es más usada en móviles, para las aplicaciones que requieran un almacén de datos, al no tener conectividad al internet en su funcionamiento. (Arboleda & Loyaga, 2018).

El científico de Londres Faraday (1791-1867) en 1831 descubrió el fenómeno de inducción magnética. A una bobina puede inducirse corriente eléctrica cuando los flujos magnéticos son variantes cerca de ella, situación que permite acercar una bobina a un motor eléctrico, el cual genera inducción magnética a su alrededor cuando está alimentado, para verificar en qué momento inicia el funcionamiento del motor y en qué momento se detiene. Si esta corriente inducida se la conecta a un pin analógico del microcontrolador Arduino podemos detectar el

funcionamiento del motor por más pequeña que sea dicha corriente. El detector Bobina Rogowski puede detectar magnetismo a su alrededor y dependiendo si es variante generar corriente en sus terminales, como que permitiría detectar el flujo magnético que genera un motor en movimiento. Si la bobina Rogowski forma un circuito cerrado en torno al flujo a ser medida. Inducirá una tensión en los terminales de esta, permitiendo que se conecten al microcontrolador y procesar dichos datos. (Campos et al, 2009)

El sensor LM35 es un sensor de temperatura de precisión en circuito integrado de tres terminales que posee un rango de temperatura de -55 a 155 grados centígrados. Cuando el sensor es conectado, el pin de salida envía al microcontrolador una señal analógica en milivoltios. El valor que se obtiene se almacena en una variable binaria que puede ser de 8 o 10 bits según la configuración del controlador. Posteriormente, este valor se convierte a grados Celsius mediante la siguiente fórmula:

$$C = (5 * analogRead(PinLm35) * 100) / 1023$$

Donde el 5 representa el voltaje máximo que envía el sensor, el 100 representa la conversión de 10^{mV} a 1^{mV} . El 1023 representa el valor máximo con 10 bits

$^{\circ}C^{\circ}C$

En decimal. El LM35 fue colocado dentro o cerca del estator de cada motor, dependiendo del tipo de motor, para detectar la temperatura de funcionamiento del mismo. (Zavala & Márquez, 2018)

En varias empresas visitadas se pudo apreciar dificultades en la toma de decisiones con respecto a motores eléctricos de máquinas de producción, por ejemplo, no se tiene periodos determinados de mantenimiento, se tienen fallos de motores inesperados que detienen la producción y las empresas que poseen un sistema de captación tuvieron una inversión exagerada.

Para solucionar esta problemática se propone el presente trabajo investigativo cuyo objetivo general es proponer un sistema para la captación de datos del funcionamiento de motores para la toma de decisiones en el departamento de producción en empresas del centro del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Según el enfoque, la investigación fue mixta, ya que en parte de la investigación se utilizó conteo numérico tanto en la parte de la encuesta como en el análisis de captación de datos y parte del estudio de métodos de recolección de datos es de tipo descriptivo para referir categorías conceptuales.

Según el objetivo, la investigación fue aplicada porque se necesitó identificar el impacto que tuvo un sistema de captación de datos en las empresas de producción.

Se detalló la realidad de situaciones y eventos en la captación de datos por lo que según el alcance la investigación fue descriptiva.

En la zona centro del país una de las principales actividades económicas empresariales es la producción de prendas de vestir, calzado y carrocerías.

La población donde se realizó la investigación son 5 jefes técnicos de empresas de producción en el centro del país, tales como: Plasticaucho, Calzado John Vecachi, que producen calzado, IMPA, que produce carrocerías, y Curtiduría Promepell S.A. Que produce cuero.

Al no ser una población superior a 100, la muestra será la misma. Se utilizó como instrumento el cuestionario. Los métodos científicos utilizados fueron la observación para verificar los problemas en las empresas de producción y el analítico sintético para realizar inferencias de datos estadísticos mediante la aplicación de la técnica de la encuesta. En el cuadro 1 se muestra las preguntas del cuestionario.

RESULTADOS

Tabla 1. Preguntas de la encuesta realizada

Número	Pregunta	Si	No
1	¿Conoce usted las características técnicas del funcionamiento de motores en su industria?	5	0
2	¿Realiza usted pruebas periódicas del funcionamiento de los motores en su industria?	2	3
3	¿En su empresa disponen de algún sistema de captación de datos de motores eléctricos para verificar su funcionamiento?	1	4
4	¿El sistema aportó a la toma de decisiones sobre motores eléctricos en su industria?	1	4
5	¿Usted cree conveniente invertir en un nuevo sistema para captar datos técnicos de motores en su industria?	5	0

Fuente: encuesta realizada a las empresas de producción

Elaborado por: (Flores, 2021)

La pregunta número 1 se muestra el conocimiento de los jefes técnicos sobre las características técnicas que pueden afectar al funcionamiento de un motor.

La pregunta 2 evalúa si se realiza pruebas de funcionamiento de motores en las empresas de

producción.

La pregunta 3 determina si en las empresas de producción tienen algún sistema de captación de datos para realizar los mantenimientos oportunos a los motores eléctricos.

La pregunta 4 es exclusiva para las personas que respondieron sí en la pregunta anterior, ya que evalúa si el sistema que poseen aporta en algo a la toma de decisiones.

La pregunta 5 evalúa si las empresas están dispuestas a invertir en un nuevo sistema que facilite tomar decisiones sobre el funcionamiento de motores eléctricos en sus industrias. La encuesta una vez realizada arrojó los siguientes resultados resumidos en la figura 1.

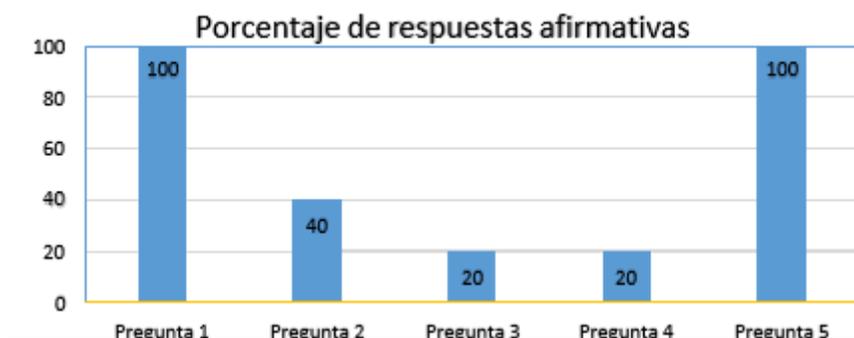


Figura 1. Resultados de la encuesta.

Analizando los resultados de la encuesta y entrevistas realizadas se puede considerar que en las empresas que cuentan con al menos 3 motores en su planta de producción, el jefe técnico conoce los fallos inesperados que pueden detectarse en un motor censando sus variables, y que esto puede adelantar mantenimientos correctivos en los mismos, y que ellos consideran que, sería una buena inversión instalar un sistema que no dependa de las grandes empresas con costos elevados, que permita realizar el proceso de verificación en tiempo real, hacer comparaciones con datos anteriores y tener datos concretos sobre el funcionamiento de los mismos.

Desarrollo de la propuesta

Con base en los resultados anteriores se tiene la siguiente propuesta de solución. El presente trabajo involucra tres etapas plenamente marcadas, la primera que corresponde a la toma de datos desde los motores eléctricos en la industria, la segunda que recibe los datos en un microcontrolador Arduino y a su vez los envía mediante comunicación Bluetooth a una aplicación móvil en un dispositivo inteligente, y la última que recibe los datos, los muestra, los almacena, además también los procesa para tomar decisiones sobre el funcionamiento de los motores en la industria, todo esto en una aplicación móvil creada para dispositivos Android. La figura 2 muestra la interacción de cada una de las etapas.



Figura 2. Diagrama de bloques del sistema SADAM

Para la toma de datos de los motores eléctricos se puede trabajar con varios sensores, para el prototipo planteado se considera dos, el tiempo de funcionamiento (Bobina detectora) y otro de temperatura de trabajo (LM35).

Los diferentes sensores utilizados están interconectados en una misma placa, la cual con cable no mayor a 5 metros llega al Arduino que posteriormente mediante comunicación Bluetooth llega a la aplicación creada para Android.

En la Figura 3 se muestra el circuito realizado como prototipo, en cuál se tiene la conexión de seis bobinas y seis sensores de temperatura, con sus respectivas alimentaciones y conexiones.

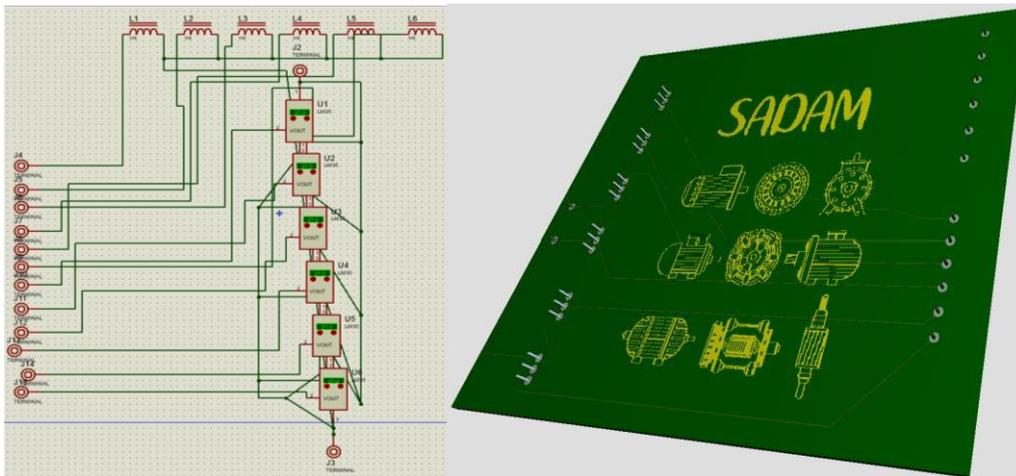


Figura 3. Circuito Simulado y placa de los sensores

La unidad de control utilizada en el prototipo es el Arduino Mega, el cual permite en sus pines analógicos recibir los datos desde los sensores, los procesa y los envía a la aplicación móvil a través del módulo Bluetooth por sus pines de comunicación Serial. Para la implementación del prototipo se utilizó el módulo HC-06 junto con una placa Arduino Mega, por la cantidad de entradas analógicas que se necesitan. Se utilizó el entorno de desarrollo de Arduino para

configurar el módulo Bluetooth como servidor y también los parámetros necesarios para su identificación y funcionamiento: velocidad de ciclo de reloj, nombre del dispositivo Bluetooth y contraseña de acceso, las conexiones realizadas del circuito son las que se muestra en la figura 4.

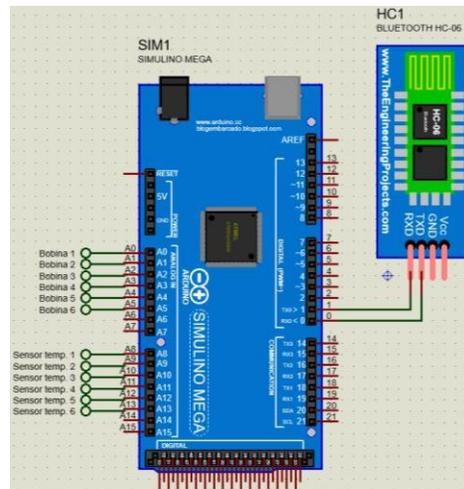


Figura 4. Conexiones del Arduino y módulo Bluetooth

La aplicación móvil desarrollada se llama “SADAM” por las siglas de Sistema de Adquisición de Datos de Motores. Esta recibe los datos tomados por los sensores desde el Arduino a través de la comunicación Bluetooth, en la figura 5 se muestra la pantalla principal de la aplicación desarrollada en el software Android Studio.



Figura 5. Pantalla principal del SADAM Fuente: Elaboración propia

En la pantalla principal se tiene dos botones, llamados DATOS y ESTADÍSTICA. El primero abre una ventana donde se muestran datos al instante con una frecuencia para la toma de sesenta segundos. En la figura 6 se muestra la pantalla cuando se activa el botón DATOS, donde se muestran los datos sin proceso estadístico, y el botón ESTADÍSTICA, donde se muestra la estadística del funcionamiento de los motores, para poder tomar decisiones sobre los mismos.

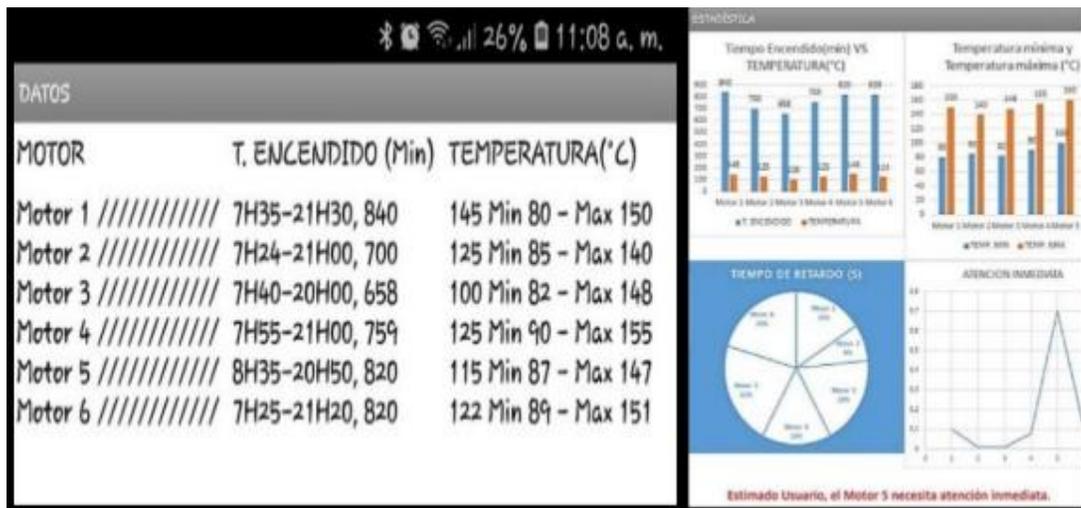


Figura 6. Pantalla de DATOS y ESTADÍSTICA del sistema SADAM

En la figura 6, se muestran los datos de tiempo de encendido, tiempo de retardo al arranque y la estadística de los 6 motores evaluados con el prototipo.

En la parte de datos, como se muestran, no permiten tener un criterio muy considerable sobre algún valor erróneo o alarmante de los motores, pero en la parte de estadística tenemos, la primera gráfica de barras de doble entrada de tiempo de encendido versus temperatura, la cual nos puede dar a conocer valores precisos sobre el tema que un motor se calienta mientras más se lo utiliza, además depende de la carga que se le coloque. Un segundo gráfico de barras de doble entrada de temperatura mínima y temperatura máxima, que está evaluado por semanas, que comparando con valores antiguos o preestablecidos según el fabricante, pueden darnos ya a conocer sobre un problema en un motor que exceda la temperatura máxima o disminuya demasiado la temperatura mínima.

Además, tenemos un gráfico tipo pastel, que evalúa el tiempo de retardo al arranque desde el momento que se enciende el motor, que tiempo tarda en arrancar, claro considerando la carga a la que esté expuesto y el tipo de arranque que modificara los datos a los cuales serán comparados, nos puede igualmente mostrar datos de algún inconveniente en el funcionamiento regular de un motor.

Y por último tenemos un gráfico lineal, que muestra un resumen total, ya que evalúa y compara todos los datos tomados y los muestra en una sola gráfica, la cual manifiesta que motor debería

ser atendido de inmediato, prácticamente sigue funcionando, pero ya presenta varios valores anormales en su funcionamiento, esta gráfica también tiene una alerta que se muestra en la parte inferior de la misma. Los gráficos pueden ser modificados según requerimientos del usuario y las variables normales de funcionamiento provistas por el fabricante o valores modificados por experiencia del jefe técnico, para realizar mejor las comparaciones y presentar los datos de mejor manera.

En las pruebas realizadas se utilizaron distintos tipos de motores eléctricos, para poder usar todas las características de nuestro sistema, en el Motor 5 se colocó intencionalmente uno que tiene inconvenientes en cuanto al funcionamiento. Por tal razón, en la figura 6, en la parte correspondiente, nos muestra que el motor 5 necesita atención inmediata.

Todas las gráficas y alarmas se pueden modificar de acuerdo a los requerimientos.

El resultado del presente artículo es el correcto funcionamiento del prototipo de un sistema de adquisición de datos del funcionamiento de motores eléctricos en la industria (SADAM), el cual será una gran competencia, bajando costos y siendo más específicos a los requerimientos deseados, a los grandes sistemas de adquisición de datos (SCADA) ofertados por grandes empresas a nivel mundial como LabVIEW, Siemens, Bosch, etc.

Al sistema SADAM se le puede añadir más sensores para tomar datos específicos, pero el prototipo creado toma tiempo y temperatura de funcionamiento, y los compara con criterios de funcionamiento preestablecidos en cuanto a marcas, antigüedad, carga, etc. Para verificar su funcionalidad. El sistema permite revisar datos al instante con una frecuencia de un minuto y además brinda estadística del funcionamiento por semanas.

DISCUSIÓN

El uso del sistema en el proceso de captación de datos de motores en empresas de producción supone una gran ventaja frente a las demás empresas. Sobre todo, por la propuesta de un sistema que tome datos específicos de los motores sin afectar a la fabricación continua, ya que no se necesita parar la producción para su instalación.

Empresas como TRIMAX, IGNITION, SIEMENS o MYSCADA dan solución a través de una conexión wifi con la central SCADA. Pero para esto se necesita primero la instalación completa del sistema SCADA, cuestión que para empresas de mediana producción no es accesible, es ahí donde entra la propuesta del sistema SADAM, ya que dicho sistema puede o no tener algún sistema previo instalado y funcionar perfectamente, porque se lo instala sin modificar los servicios previos en la planta de producción. (Trimax, 2013)

Comparando resultados con los mostrados en el artículo de (Fernández & Vanegas, 2018) se puede apreciar una similitud considerando que en ese caso se toma datos de humedad del suelo y los envía a un dispositivo móvil para poder tomar decisiones acerca del de la humedad del suelo.

Así también en el artículo de (Ruiz-Ayala et al, 2018) se monitorea variables meteorológicas a través de un sistema de adquisición de datos, lo que permite realizar estadística y pronosticar cambios climáticos como en nuestro sistema al pronosticar fallos de motores.

Además, el artículo de (Pontes et al, 2006) realizó captación de datos para realizar una plataforma educativa.

Y en el artículo de (Álvarez, 2017) se toma datos para la toma de decisiones en un sistema hidropónico de lechuga en un invernadero.

Como se puede evidenciar, existe una relación directa en la captación de datos y toma de decisiones, lo que permitiría expandir nuestro sistema a diferentes empresas de producción y no solo evaluar motores eléctricos, sino las distintas variables en sensores y actuadores en la etapa de producción de las empresas.

Además, podría trasladarse el sistema SADAM a sistemas domóticos que brinden seguridad, confort, ahorro energético y comunicaciones. Simplemente modificando la placa de sensores y utilizando salidas digitales del microcontrolador para utilizar actuadores, dependiendo del tipo de variables que se deseen controlar.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se generó un sistema integral de software y hardware para la captación de datos, el cual permite al gerente o jefe técnico tomar decisiones sobre cambio de motores eléctricos o mantenimiento de los mismos.

Los sistemas SCADA móviles actuales permite liberar a los operadores de sus estaciones de trabajo, ya que pueden acceder a SCADA desde cualquier dispositivo móvil, ya sea en el sitio o incluso desde una ubicación remota para acelerar la notificación de alarmas, reducir el tiempo de inactividad y mantener su sistema funcionando sin problemas. Pero estos necesitan tener el sistema SCADA completo para usar la herramienta móvil.

El sistema SADAM tanto en hardware y software utiliza comunicación alámbrica y Bluetooth conjuntamente, se lo puede modificar según los requerimientos solicitados, además no es necesario tener SCADA instalado, ya que es un sistema independiente.

Este es un sistema que alerta problemas más no los corrige, es decir, es un sistema de adquisición de datos más no de control, pero claro, además de adquirir datos realiza una estadística de funcionamiento para presentarlo como posibles pronósticos de fallos en los motores eléctricos y en sí correcciones, cambios o mantenimiento de los mismos que se deban realizar con la brevedad del caso dependiendo de los datos mostrados.

Para proyectos posteriores se puede pensar en diseñar e implementar un dispositivo similar, pero

que funcione mediante la tecnología wifi. También podemos pensar en modificaciones que integren inteligencia artificial al diseño actual o un software para programar efectos mediante una interfaz gráfica sin necesidad de utilizar estadística.

El sistema SADAM puede ser utilizado en la industria farmacéutica, supermercados, alimenticia, textiles, petrolífera, etc. Simplemente modificando sus sensores, para medir distintas variables físicas en los distintos equipos o elementos en las plantas de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Álvarez, A. (2017). Diseño de un sistema electrónico inalámbrico de adquisición de datos para la toma de decisiones en un sistema hidropónico de lechuga en un invernadero del TEC, sede San Carlos. (tesis de grado del Tecnológico de Costa Rica). https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/9857/dise%c3%b1o_sistema_electr%c3%b3nico_inal%c3%a1mbrico_adquisici%c3%b3n_de_datos_toma_de_decisiones_sistema_hidrop%c3%b3nico_lechuga_invernadero_tec_sede_san_carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Álvarez, J., & Mejía, J. (2017). TIA Portal. Aplicaciones de PLC. Medellín: Fondo Editorial ITM. <https://repositorio.itm.edu.co/bitstream/handle/20.500.12622/1934/TIA-PORTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Annherys, P., Jaiham, H., & Garc, J. (2015). Toma de decisiones: reto para crear ventajas competitivas en las distribuidoras de alimentos gourmet. Desarrollo Gerencial, 7(2),100–118. <http://revistas.unisimon.edu.co/index.php/desarrollogerencial/article/view/439/427>

Arboleda, J., & Loyaga, W. (2018). Análisis, diseño y construcción de un sistema web para realizar cotizaciones de acero en la empresa Novacero SA y una aplicación android dirigida para los asesores de ventas en la ciudad de Quito-Ecuador (Bachelor's thesis Universidad Politécnica Salesiana). <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16033/1/UPS-ST003772.pdf>

Bárzaga, L., Mompie, R., & Valdés, B. (2016). Sistemas SCADA para la automatización de los procesos productivos del CIGB. Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones, 37(1), 20-37. <http://scielo.sld.cu/pdf/eac/v37n1/eac03116.pdf>

Campos, S., Carranza, R., & González, A. (2009). Bobina Rogowski como sensor de corriente para monitoreo de transformadores de distribución, 1(1), 1-7. https://cenam.gob.mx/dme/pdf/EXT_T1-Jue-2.pdf

Cruz, F., Julián, F., Cruz, E., Huerta, C., & Cruz, I. (2018). Caracterización de la función de transferencia del llenado de un tanque, aplicando un sistema iot, conformado por un sensor ultrasónico, la plataforma arduino y una aplicación móvil. Pistas Educativas,

40(130).1998–2016.

Fernández, C., & Vanegas, D. (2018). Diseño e implementación de un sistema SCADA para el control de riego mediante un dispositivo móvil (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay). <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7911/2/13651.pdf>

Flores, Á. (2021). Sistema de captación de datos del funcionamiento de motores para la toma de decisiones en empresas de producción. *Revista Odigos*, 2(2), 9-24. <https://revista.uisrael.edu.ec/index.php/ro/article/view/395/366>

Gálvez, C. (2018). Solución móvil para el monitoreo de plantas mineras en tiempo real. (tesis de grado de la Universidad San Ignacio de Loyola). <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/415ddd2d-34ff-4841-b47b-96670507faa4/content>

Hernández, C., Serrano, J., & De los Reyes, F. (2019). Conectividad en redes inalámbricas de área personal utilizando Arduino y componentes electrónicos / Connectivity in Personal Area Wireless Networks Using Arduino and Electronic Components. *RECI Revista Iberoamericana de Las Ciencias Computacionales e Informática*, 8(15), 1-27. <https://www.reci.org.mx/index.php/reci/article/download/93/406/0>

Ibarra, M., González, L., & Demuner, M. (2017). Competitividad empresarial de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Baja California. *Estudios fronterizos*, 18(35), 107-130. <http://www.scielo.org.mx/pdf/estfro/v18n35/2395-9134-estfro-18-35-00107.pdf>

Marcano, Y., & Talavera, R. (2007). Minería de datos como soporte a la toma de decisiones empresariales. *Opción*, 23(52), 104-118. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1012-15872007000100008

Mariño, P., Poza, F., Ubeira, M., & Machado, F. (2004). Sistema de Adquisición y Almacenamiento de Datos para Monitorización del Estado de Transformadores de Potencia. *Información Tecnológica*, 15(2), 95–100.

Millahual, C. (2017). *Arduino-De Cero a Experto: Proyectos Prácticos-Electrónica, hardware y programación*. RedUsers. <https://books.google.com.ec/books?id=8PiEDwAAQBAJ>

Pérez-López, E. (2015). SCADA systems in the industrial automation. *Tecnología En Marcha*. *Tecnología En Marcha*, 28(4), 3–14.

Pontes, A., Gavilán, J., Obrero, M., & Flores, A. (2006). Diseño y aplicación educativa de un programa de simulación para el aprendizaje de técnicas experimentales con sistemas de adquisición de datos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), 251-267. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92030207.pdf>

Ruiz-Ayala, D., Vides-Herrera, C., & Pardo-García, A. (2018). Monitoreo de variables meteorológicas a través de un sistema inalámbrico de adquisición de datos. *Revista de investigación, Desarrollo e Innovación*, 8(2), 333-341.
<http://www.scielo.org.co/pdf/ridi/v8n2/2027-8306-ridi-8-02-00333.pdf>

Trimax. (2013). Móvil Scada. Obtenido de Trimax:
<http://www.trimaxsystems.com/solutions/mobile-scada.html>

Villarrubia, Z., Gracia, C., Núñez, R., Martínez, C., Aparicio, R., Hierro, A., & García, D. (2018). Radiación en Medicina : Aplicación paradispositivos Android “ Radiación en Medicina ”: Application for Android devices, 19(1), 55–60.
<http://revistadefisicamedica.es/index.php/rfm/article/view/259/261>

Zavala, J., & Márquez, J. (2018). Sistema integral de software y hardware para el aprendizaje del funcionamiento y manejo de los sensores. *Pistas Educativas*, 36(112), 895–917.
<http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/download/414/401>